

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-214326

(43)公開日 平成10年(1998)8月11日

(51)Int.Cl.⁶ 識別記号

G 0 6 T 1/00

B 6 2 D 6/00

G 0 5 D 1/02

H 0 4 N 7/18

// B 6 2 D 137:00

F I

G 0 6 F 15/62

3 8 0

B 6 2 D 6/00

G 0 5 D 1/02

K

H 0 4 N 7/18

J

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-15443

(22)出願日 平成9年(1997)1月29日

(71)出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者 吉田 睦

静岡県磐田市新貝2500番地ヤマハ発動機株

式会社内

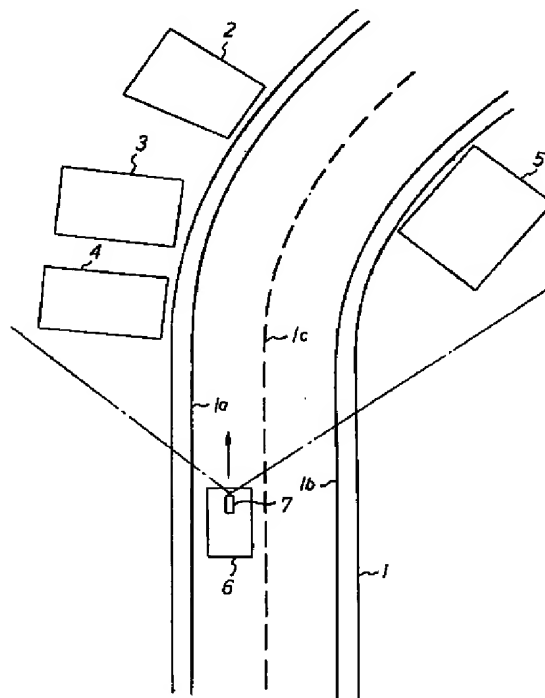
(74)代理人 弁理士 山下 亮一

(54)【発明の名称】 自動走行車両の走行制御装置

(57)【要約】

【目的】 走路端の誤検知の問題を解消して走路端を常に確実に検出することができる信頼性の高い自動走行車両の走行制御装置を提供すること。

【構成】 撮像手段7によって得られた車両6の前方の画像を処理することによって白線(走路端)1aを検出し、その白線1aに沿って車両6を自動走行せしめる装置であって、前記画像内のエッジを検出し、最も直線状に並んでいるエッジ列を白線1aとしてハフ変換によってその位置を求める自動走行車両6の走行制御装置において、エッジ画像の中の車両6の直前の地表に当たる部分から該部分と同様の画像データを有する部分を連続的に放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって白線1aを検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像手段によって得られた車両前方の画像を処理することによって走路端を検出し、その走路端に沿って車両を自動走行せしめる装置であって、前記画像内のエッジを検出し、最も直線状に並んでいるエッジ列を走路端としてハフ変換によってその位置を求める自動走行車両の走行制御装置において、エッジ画像の中の車両直前の地表に当たる部分から該部分と同様の画像データを有する部分を連続的に放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって走路端を検出するようにしたことを特徴とする自動走行車両の走行制御装置。

【請求項2】 取り込まれた原画像データを複数の矩形領域に区画し、各矩形領域における各画素の濃度値の最大値と最小値との差をエッジ強度として求め、各矩形領域について求められたエッジ強度から閾値を算出し、前記走路域の検出においてはエッジ強度が閾値を超えない部分を放射状に拡張するようにしたことを特徴とする請求項1記載の自動走行車両の走行制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明が属する技術分野】本発明は、車両前方の撮像によって得られた画像を処理することによって走路端を検出し、その走路端に沿って車両を自動走行せしめる自動走行車両の走行制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】画像処理によって路肩白線等の走路端を検出し、その検出された走路端に沿って自動走行する自動走行車両が提案されているが、斯かる自動走行車両には、車両前方の走路を撮像する撮像手段と該撮像手段によって得られた走路画像を処理するコントローラ等によって構成される走行制御装置が備えられている。

【0003】ところで、上記走行制御装置における画像処理においては、撮像手段によって得られた車両前方の走路画像内のエッジを検出し、最も直線状に並んでいるエッジ列を走路端としてハフ変換によってその位置を求めることが行われていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記従来の走行制御装置のように単に直線を検出する走路端の検出方法では、走路端以外の直線状のものを誤検知する可能性があり、走行制御装置の信頼性に完全を期し難かった。

【0005】本発明は上記問題に鑑みてなされたもので、その目的とする処は、走路端の誤検知の問題を解消して走路端を常に確実に検出することができる信頼性の高い自動走行車両の走行制御装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するた

め、本発明は、撮像手段によって得られた車両前方の画像を処理することによって走路端を検出し、その走路端に沿って車両を自動走行せしめる装置であって、前記画像内のエッジを検出し、最も直線状に並んでいるエッジ列を走路端としてハフ変換によってその位置を求める自動走行車両の走行制御装置において、エッジ画像の中の車両直前の地表に当たる部分から該部分と同様の画像データを有する部分を連続的に放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって走路端を検出するようにしたことを特徴とする。

【0007】又、請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、取り込まれた原画像データを複数の矩形領域に区画し、各矩形領域における各画素の濃度値の最大値と最小値との差をエッジ強度として求め、各矩形領域について求められたエッジ強度から閾値を算出し、前記走路域の検出においてはエッジ強度が閾値を超えない部分を放射状に拡張するようにしたことを特徴とする。

【0008】従って、本発明によれば、車両直前の地表は走行可能な走路であるとの前提に基づき、撮像手段によって得られた車両前方の画像における車両直前の地表の画像から該車両直前部と同様の画像データを有する部分が連続的に存在する部分も走行可能域であるものと見なし、この領域を車両直前部から放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって走路端を検出するようにしたため、走路端のみが常に確実に検出されて誤検知の問題が解消され、走行制御装置に高い信頼性を確保することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

【0010】図1は自動走行車両が自動走行している様子を示す平面図、図2は本発明に係る走行制御装置の構成を示すブロック図である。

【0011】図1において、1は道路であって、その両側には複数の建物2～5が建っている。そして、道路1の幅方向中央にはセンターライン1cが引かれており、その両側には歩道と車道とを区画するための路肩白線（走路端）1a、1bが引かれている。

【0012】而して、図1に示す例では、道路1のセンターライン1cよりも左側の車線を自動走行車両6が左側の白線1aを検出しながら該白線1aに沿って図示矢印方向に自動走行している。

【0013】上記自動走行車両6には、CCDカメラ等の撮像手段7と図2に示すコントローラ10等によって構成される走行制御装置が備えられており、図2に示すように、撮像手段7とコントローラ10はインターフェース（I/F）8を介して接続されており、コントローラ

ラ10と操舵モータコントローラ20は同じくインターフェース(I/F)9を介して接続されている。

【0014】ところで、上記コントローラ10は、画像データ圧縮・エッジ検出部11、閾値計算部12、走路域検出部13、エッジ抽出部14、直線検出部15、偏差量演算部16、操舵モータ電流計算部17及び指令信号出力部18を有しており、撮像手段7によって撮像された車両6の前方の画像を画像データ圧縮・エッジ検出部11、閾値計算部12、走路域検出部13、エッジ抽出部14及び直線検出部15を経て処理することによって白線1aを検出する。

【0015】ここで、コントローラ10によって行われる画像処理をその手順に従って説明する。

【0016】1) 画像データ圧縮・エッジ検出；撮像手段7によって撮像された車両6の前方の画像(原画像)は図2に示すインターフェース8を介してコントローラ10の画像データ圧縮・エッジ検出部11に取り込まれるが、この画像は図10に示すように横512×縦480の画素で構成されており、画像データ圧縮・エッジ検出部11においては、図3の上段の表に示すように各画素の濃度値をデジタル化してその濃度に応じて0～255(0は真っ黒、255は真っ白)の値の何れかを設定し、これらの濃度データを例えば1/16に圧縮する。

【0017】即ち、図3の上段の表に示すように、 $4 \times 4 = 16$ 画素を1つの矩形領域として原画像データの数値を1/16に圧縮して横128×縦120の複数の矩形領域に区画する。

【0018】そして、各領域における計16の各画素の濃度値の最大値と最小値との差をエッジ強度として求める。例えば、図3の下段の表の1行1列(左上)の領域におけるエッジ強度173は同図上段の表に対応する矩形領域中の16画素の濃度値の最大値185と最小値12との差($185 - 12 = 173$)として求められる。

【0019】而して、上述のようにしてエッジ強度を全ての矩形領域について求めることによって画像中のエッジを検出して図11に示すようなエッジ画像を得る。

【0020】2) 閾値計算；コントローラ10の閾値計算部12においては、画像データ圧縮・エッジ検出部11において各矩形領域毎に求められたエッジ強度を走路端である白線1a等による強いものとノイズ等による弱いものとに分けるため、判別分析法によって閾値が算出される。

【0021】即ち、判別分析法においては、図4に示すようなエッジ強度とデータ数のヒストグラムからエッジ強度の集合を2つのクラスに分割するパラメータとして閾値 $\theta (=130)$ が算出される。

【0022】3) 走路域検出(波紋処理)；コントローラ10の閾値計算部12において閾値 θ が算出されると、走路域検出部13において走路域が検出されるが、この走路域の検出は次のような考えに基づいてなされ

る。

【0023】即ち、車両6の直前の地表は走行可能な走路であるとの前提に基づき、撮像手段7によって得られた車両6の前方の図11に示すエッジ画像における車両6の直前の地表に当たる部分から該車両6の直前部と同様な画像データを有する部分(つまり、エッジ強度が閾値 θ を超えない部分)が連続的に存在する部分も走行可能であると見なす。そして、この領域を車両6の直前部から放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、図12に示すような出力画像を得ることができる。尚、デジタル画像の扱い易さから、実際には領域は矩形状に拡張される。

【0024】ここで、走路域の検出(波紋処理)の具体例を図5に基づいて説明する。

【0025】走路域の検出(波紋処理)においては、例えば図5に示す4行D列の領域(以下、4Dと示す)について該領域4D自体のエッジ強度が閾値 $\theta (=130)$ 以上であればエッジ強度は0(即ち、真っ黒)に設定され、領域4D自体のエッジ強度が閾値 θ 未満であれば、該領域4Dに隣接する2つの領域4E、5Eの各エッジ強度0、120に各々5を加えた値の大きい方の値125が選択され、領域4Dのエッジ強度として125が設定される。

【0026】又、領域5Dにおいては、該領域5D自体のエッジ強度が閾値 $\theta (=130)$ 以上であればエッジ強度は0に設定され(つまり、走路域ではないものと見なされ)、領域5D自体のエッジ強度が閾値 θ 未満であれば、該領域5Dに隣接する3つの領域4E、5E、6Eの各エッジ強度0、120、255に各々5を加えた値(但し、上限値255を超える場合には上限値255に保たれる)5、125、255の最大値255(真っ白)が選択され、領域5Dのエッジ強度として255が設定される。

【0027】以後、同様にして走路域を放射状に順次拡張して図12に示す出力画像を得る。

【0028】4) エッジ抽出；コントローラ10のエッジ抽出部14においては、図12に示す走路域検出後の画像に対してエッジを抽出することによって走路端である白線1aを検出し、図13に示す画像を出力する。

【0029】ここで、エッジ抽出の具体例を図6に基づいて説明する。

【0030】図12に示す画像における各領域の濃度値が例えば図6(a)にて示される場合、これらの濃度値1a(1行a列の領域における濃度値、以下同じ)、1b、1c…を用いて同図(b)に示す領域の濃度値IB、IC、ID…が次のようにして求められる。

【0031】IB: $1c - 1a = -1 \rightarrow 0$ (負のときは0に設定する)。

【0032】IB: $2c - 2a = 38$

IIB: $3c - 3a = 196$

IVB: $4c - 4a = 222$

IC: $1d - 1b = 39$

IIC: $2d - 2b = 211$

IIIC: $3d - 3b = 214$

IVC: $4d - 4b = 220$

ID: $1e - 1c = 201$

IID: $2e - 2c = 190$

IIID: $3e - 3c = 45$

IVD: $4e - 4c = -12 \rightarrow 0$

以上のようにしてエッジ抽出を行うことによって図13に示す出力画像が得られる。

【0033】5) 直線検出(ハフ変換); コントローラ10の直線検出部15においては、図13に示す画像内において最も直線状に並んでいるエッジ列を走路端(白線)であるとしてハフ変換によってその位置が求められ、図14に示す出力画像が得られる。

【0034】即ち、ハフ変換においては、求めようとする直線(本実施の形態では、白線1a)を図7に示すX-Y平面上で次式;

$$\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta \quad \cdots (1)$$

ここに、 ρ : 原点Oから直線に下ろした垂線の長さ

θ : 垂線とX軸との成す角

で表した場合、この(1)式を ρ と θ に関する方程式と考へ、 ρ - θ 空間上でこの関係を示す軌跡を画像中の全てのエッジ点について描き、 ρ - θ 空間において軌跡が集中している点の(ρ , θ)が求められる。

【0035】ここで、ハフ変換の手順を図8に示すフローチャートに基づいて説明する。

【0036】ハフ変換に際しては、まず、画像の処理領域内の注目画素(X, Y)の濃度値が閾値 t 以上であるか否かが判断される(ステップ1)。濃度値が閾値 t 以上である場合には設定範囲($\theta_{\min} \sim \theta_{\max}$)内の各 θ について(1)式に従って ρ が算出され(ステップ2)、その算出された ρ が設定範囲($\rho_{\min} \sim \rho_{\max}$)内にあるか否か($\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$)が判断される(ステップ3)。

【0037】而して、上記判断結果がYESである場合(つまり、 $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ である場合)には(ρ , θ)についてのヒストグラムがカウントされ(ステップ4)、判断結果がNOである場合にはヒストグラムはカウントされない。このようなステップ2～ステップ4の処理が設定範囲($\theta_{\min} \sim \theta_{\max}$)内の全ての θ について実行され(ステップ5)、その処理が終了するとステップ1～ステップ5の一連の処理が画像の処理領域内の全ての画素(X, Y)について実行される(ステップ6)。尚、ステップ1での判断結果がNOである場合(つまり、注目画素(X, Y)の濃度値が閾値 t 未満である場合)には、ステップ2～ステップ4の処理はなされない。

【0038】而して、画像の処理領域内の全ての画素

(X, Y)について一連の処理が終了すると、ヒストグラムにおけるカウント数が最大の(ρ , θ)を選択することによって、求める直線(白線1a)が(1)式に与えられ(ステップ7)、ハフ変換が終了する(ステップ8)。

【0039】次に、ハフ変換の具体例を図9に基づいて説明する。

【0040】例えば、入力画像の各画素の濃度値が図9(a)に示す状態にあるとき、濃度値の閾値 $t = 140$ 、 $\rho_{\min} = 4$ 、 $\rho_{\max} = 6$ 、 $\theta_{\min} = 22$ 、 $\theta_{\max} = 27$ である場合、図9(a)の1a(1, 1)、2a(2, 1)、3a(3, 1)、4a(4, 1) 1b(1, 2)、2b(2, 2)、3b(3, 2) 1c(1, 3)、2c(2, 3) 1d(1, 4)、2d(2, 4)

における濃度値 $<$ 閾値 $t (= 140)$ であるため、(ρ , θ)についてのヒストグラムにはカウントされない。

【0041】これに対して、3c(3, 3)については濃度値($= 210$) $>$ 閾値 $t (= 140)$ であるため、各 θ について(1)式に従って ρ が以下のように算出され、 $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ が判断される。

【0042】 $\theta = \theta_{\min} = 22$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(22) + 3 \sin(22) = 3.91 < \rho_{\min}$

となるため、図9(b)に示すようにヒストグラムにはカウントしない。

【0043】 $\theta = 23$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(23) + 3 \sin(23) = 3.93 < \rho_{\min}$

となるため、図9(b)に示すようにヒストグラムにはカウントしない。

【0044】 $\theta = 24$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(24) + 3 \sin(24) = 3.96 < \rho_{\min}$

となるため、図9(b)に示すようにヒストグラムにはカウントしない。

【0045】 $\theta = 25$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(25) + 3 \sin(25) = 3.99 < \rho_{\min}$

となるため、図9(b)に示すようにヒストグラムにはカウントしない。

【0046】 $\theta = 26$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(26) + 3 \sin(26) = 4.01 > \rho_{\min}$

となるため、図9(b)に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0047】 $\theta = \theta_{\max} = 27$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(27) + 3 \sin(27) = 4.03 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (b) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0048】同様に、3d (3, 4) についても濃度値 (=237) > 閾値t (=140) であるため、各 θ について (1) 式に従って ρ が以下のように算出され、 $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ が判断される。

【0049】 $\theta = \theta_{\min} = 22$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(22) + 4 \sin(22) = 4.28 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0050】 $\theta = 23$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(23) + 4 \sin(23) = 4.32 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0051】 $\theta = 24$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(24) + 4 \sin(24) = 4.37 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0052】 $\theta = 25$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(25) + 4 \sin(25) = 4.41 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0053】 $\theta = 26$ とすると、

$$P \text{ (比例項)} = k_p \cdot (e_n - e_{n-1}) \quad \dots (2)$$

$$I \text{ (積分項)} = k_i \cdot T \cdot e_n \quad \dots (3)$$

$$D \text{ (微分項)} = k_d \cdot (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) / T \quad \dots (4)$$

$$\text{必要電流変化分} = k \cdot (P + I + D) \quad \dots (5)$$

$$\text{必要電流} = \text{必要電流変化分} + \text{前サイクル必要電流} \quad \dots (6)$$

ここに、 k_p , k_i , k_d , k : 動作係数

T : 時間

上式によって操舵モータへの供給電流が算出されると、その結果は指令信号出力部18に入力され、指令信号出力部18は供給電流に応じた指令信号をインターフェース9を介して操舵モータコントローラ20に出力する。すると、操舵モータが操舵モータコントローラ20によって駆動制御され、自動走行車両6は道路1上を白線1aに沿って自動走行する。

【0059】以上のように、本実施の形態に係る走行制御装置における画像処理においては、車両6の直前の地表は走行可能な走路であるとの前提に基づき、撮像手段7によって得られた車両6の前方の画像における車両6の直前の地表の画像から該車両6の直前部と同様の画像データを有する部分が連続的に存在する部分も走行可能域であるものと見なし、この領域を車両6の直前部から放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって走路端である白

$\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(26) + 4 \sin(26) = 4.45 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0054】 $\theta = \theta_{\max} = 27$ とすると、
 $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(27) + 4 \sin(27) = 4.49 > \rho_{\min}$

となるため、図9 (c) に示すようにヒストグラムに1をカウントする。

【0055】以下、4b (4, 2)、4c (4, 3)、4d (4, 4)、5a (5, 1)、5b (5, 2)、5c (5, 3)、5d (5, 4) についても同様の処理がなされ、最終的に最も大きなカウント数の(ρ , θ)を選択する。

【0056】而して、以上の一連の画像処理によって白線1aが検出されると、コントローラ10の偏差量演算部16において、車両6の前方注視位置にて検出された直線状の白線1aと車両6の進行方向とのずれ(偏差量)が求められ、この偏差量に基づいて操舵モータ電流計算部17において不図示の操舵モータへの供給電流が次のようにして算出される。

【0057】前々サイクルでの偏差量を e_{n-2} 、前サイクルでの偏差量を e_{n-1} 、現サイクルでの偏差量を e_n として、以下の計算式(PID制御式)によって必要電流が算出される。

【0058】

線1aを検出するようにしたため、白線1aのみが常に確実に検出されて誤検知の問題が解消され、走行制御装置に高い信頼性を確保することができる。

【0060】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、撮像手段によって得られた車両前方の画像を処理することによって走路端を検出し、その走路端に沿って車両を自動走行せしめる装置であって、前記走路画像内のエッジを検出し、最も直線状に並んでいるエッジ列を走路端としてハフ変換によってその位置を求める自動走行車両の走行制御装置において、エッジ画像の中の車両直前の地表に当たる部分から該部分と同様の画像データを有する部分を連続的に放射状に拡張していくことによって走路域を検出し、走路域検出後の画像を用いることによって走路端を検出するようにしたため、走路端のみを常に確実に検出して誤検知の問題を解消し、走行制御装置に高い信頼性を確保することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】自動走行車両が自動走行している様子を示す平面図である。

【図2】本発明に係る走行制御装置の構成を示すブロック図である。

【図3】画像データ圧縮・エッジ検出方法を説明するための図である。

【図4】エッジ強度とデータ数のヒストグラムを示す図である。

【図5】走路域検出方法を説明するための図である。

【図6】エッジ抽出方法を説明するための図である。

【図7】ハフ変換を説明するための座標空間を示す図である。

【図8】ハフ変換の処理手順を示すフローチャートである。

【図9】ハフ変換の具体的手法を説明するための図であ

る。

【図10】原画像を示す図である。

【図11】エッジ画像を示す図である。

【図12】走路域検出後の画像を示す図である。

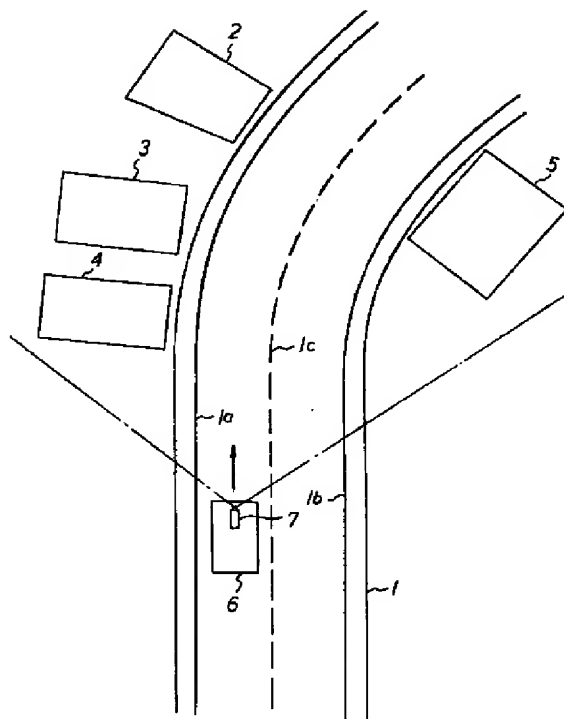
【図13】エッジ抽出後の画像を示す図である。

【図14】ハフ変換後の画像を示す図である。

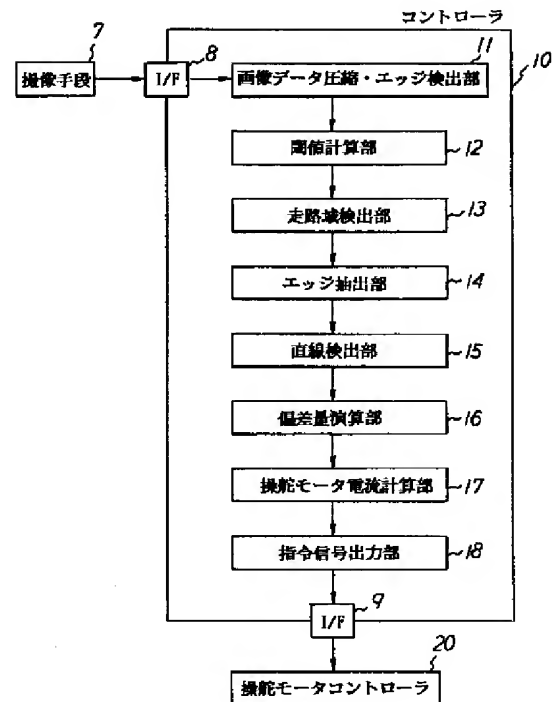
【符号の説明】

- 1 a 白線（走路端）
- 6 自動走行車両
- 7 撮像手段
- 10 コントローラ
- 11 画像データ圧縮・エッジ検出部
- 12 閾値計算部
- 13 走路域検出部
- 14 エッジ抽出部
- 15 直線検出部

【図1】



【図2】



【図6】

| (a) | | | | | | (b) | | | | |
|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | B | C | D | |
| a | 10 | 12 | 9 | 51 | 210 | I | 0 | 39 | 201 | |
| b | 8 | 13 | 46 | 224 | 236 | II | 38 | 211 | 190 | |
| c | 14 | 11 | 210 | 225 | 255 | III | 196 | 214 | 45 | |
| d | 15 | 20 | 237 | 240 | 225 | IV | 222 | 220 | 0 | |

【図3】

データ数=512

データ数=480

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 12 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | 13 | 14 | 13 |
| 12 | 12 | 14 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 |
| 63 | 180 | 180 | 180 | 178 | 176 | 16 | 15 | 15 |
| 60 | 181 | 185 | 185 | 185 | 180 | 16 | 14 | 16 |
| 60 | 181 | 180 | 183 | 185 | 184 | 184 | 185 | 16 |
| 60 | 175 | 178 | 178 | 175 | 179 | 180 | 183 | 182 |
| 59 | 58 | 175 | 177 | 175 | 177 | 177 | 180 | 181 |
| 58 | 57 | 170 | 170 | 175 | 175 | 177 | 180 | 180 |
| 56 | 58 | 55 | 170 | 175 | 175 | 175 | 176 | 175 |
| 53 | 55 | 53 | 53 | 176 | 175 | 176 | 176 | 175 |

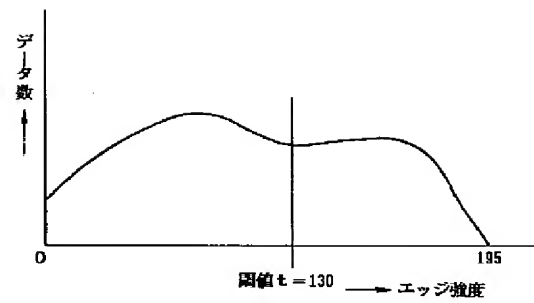


データ数=128

データ数=120

| | | |
|-----|-----|--|
| 173 | 172 | |
| 126 | 10 | |
| | | |

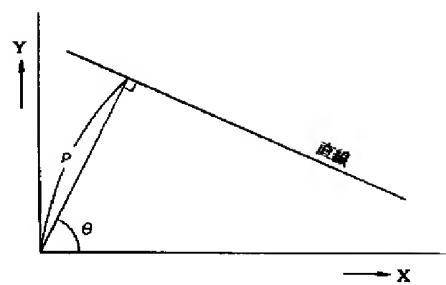
【図4】



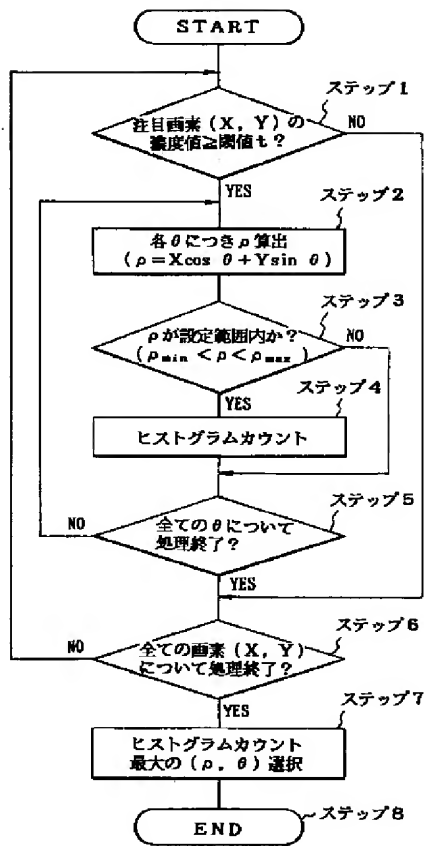
【図5】

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|-----|---|-----|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | 0 | 0 | 100 |
| 5 | | | | | 120 | | |
| 6 | | | | | 255 | | |
| 7 | | | | | 255 | | |

【図7】



【図8】



【図9】

(a)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----|----|-----|-----|-----|
| a | 10 | 12 | 9 | 51 | 210 |
| b | 8 | 13 | 46 | 224 | 236 |
| c | 14 | 11 | 210 | 225 | 255 |
| d | 15 | 20 | 237 | 240 | 225 |

(b)

θ

| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| ρ 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ヒストグラム

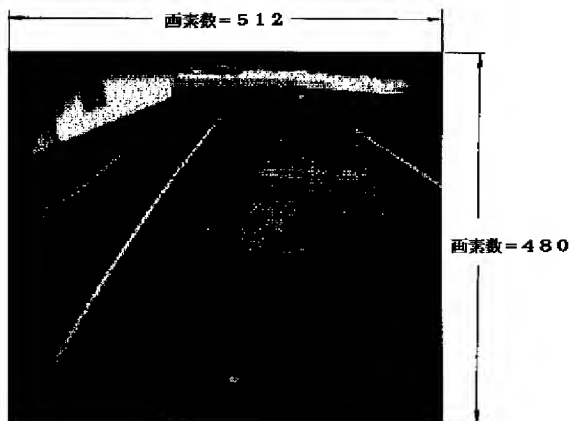
(c)

θ

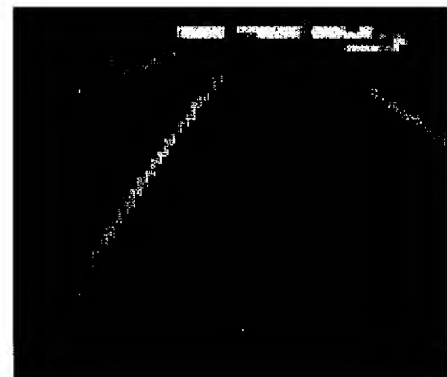
| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| ρ 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ヒストグラム

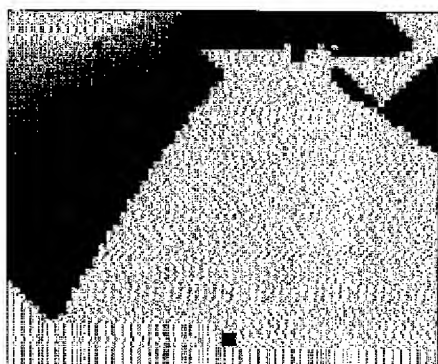
【図10】



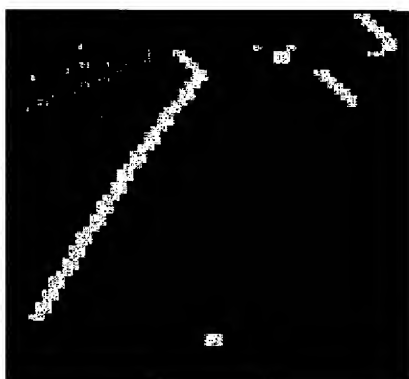
【図11】



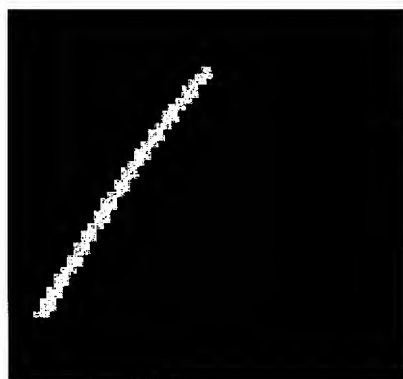
【図12】



【図13】



【図14】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-214326

(43)Date of publication of application : 11.08.1998

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

B62D 6/00

G05D 1/02

H04N 7/18

// B62D137:00

(21)Application number : 09-015443

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 29.01.1997

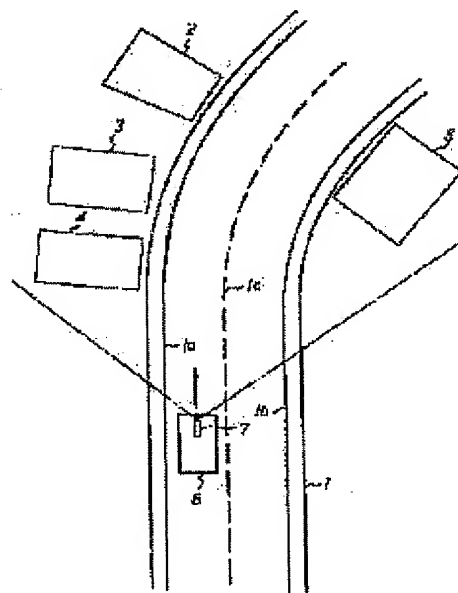
(72)Inventor : YOSHIDA MUTSUMI

(54) RUNNING CONTROLLER FOR AUTOMATIC RUNNING VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a running controller for automatic running vehicle which resolves a problem of erroneous detection of the end of a running line to always surely detect the end of the running line and has a high reliability.

SOLUTION: This running controller processes an image in the front of a vehicle 6 obtained by an image pickup means 7 to detect a white line (the end of a running line) 1a and automatically runs the vehicle 6 along this white line 1a. In this case, edges in the image are detected, and an edge string arranged most linearly is recognized as the white line 1a and its position is obtained by Hough transformation. Parts having the same image data as a part corresponding to the ground surface just before the vehicle 6 in the edge image are continuously radially extended from this part to detect a range of the running line, and the image after detection of the range of the running line is used to detect the white line 1a.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] By processing the image obtained by the image pick-up ahead of a car, this invention detects a roadway edge and relates to the transit control unit of the automatic transit car which carries out automatic transit of the car along the roadway edge.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the automatic transit car which detects roadway edges, such as a road-shoulder white line, and carries out automatic transit along the detected roadway edge by the image processing is proposed, this automatic transit car is equipped with the transit control unit constituted by the controller which processes the roadway image obtained by image pick-up means to picturize the roadway ahead of a car, and this image pick-up means.

[0003] By the way, in the image processing in the above-mentioned transit control unit, detecting the edge in the roadway image ahead of the car obtained by the image pick-up means, and asking for the location by the Hough conversion by using as a roadway edge the edge train most located in a line in the shape of a straight line was performed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the detection approach of a roadway edge of only detecting a straight line like the above-mentioned conventional transit control unit, the thing of the shape of a straight line other than a roadway edge may be incorrect-detected, and it was hard to expect completeness in the dependability of a transit control unit.

[0005] This invention was made in view of the above-mentioned problem, and the place made into the purpose is to offer the transit control unit of an automatic transit car with the high dependability which can solve the problem of incorrect detection of a roadway edge and can always detect a roadway edge certainly.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention detects a roadway edge by processing the image ahead of the car obtained by the image pick-up means. In the transit control unit of the automatic transit car which is equipment which carries out automatic transit of the car along the roadway edge, detects the edge in said image, and asks for the location by the Hough conversion by using as a roadway edge the edge train most located in a line in the shape of a straight line. It is characterized by detecting a roadway region and detecting a roadway edge by using the image after roadway region detection by extending continuously this part and the part which has the same image data to the radial from the part which hits the surface of the earth in front of the car in an edge image.

[0007] Moreover, invention according to claim 2 divides the incorporated subject-copy image data to two or more rectangle fields in invention according to claim 1. It is characterized by extending to a radial the part into which a threshold is computed and edge reinforcement does not exceed a threshold in detection of said roadway region from the edge reinforcement which searched for the difference of the maximum of the concentration value of each pixel and the minimum value in each rectangle field as edge reinforcement, and was called for about each rectangle field.

[0008] Therefore, according to this invention, it is based on the premise that the surface of the earth in front of a car is the roadway it can run. It is considered that the part in which the part which has the same image data as this car direct anterior part from the image of the surface of the earth in front of the car in the image ahead of the car obtained by the image pick-up means exists continuously is also what is the region which can be run. Since a roadway region is detected and the roadway edge was detected by using the image after roadway region detection by extending this field to the radial from car direct anterior part, Only a roadway edge is always detected certainly, the problem of incorrect detection is solved, and high dependability can be secured to a transit control unit.

[0009]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained based on an accompanying drawing below.

[0010] The top view in which an automatic transit car shows signs that drawing 1 is carrying out automatic transit, and drawing 2 are the block diagrams showing the configuration of the transit control device concerning this invention.

[0011] In drawing 1, 1 is a road and two or more buildings 2-5 stand on the both sides. And center line 1c is lengthened in the center of the cross direction of a road 1, and the road-shoulder white lines (roadway edge) 1a and 1b for dividing a foot walk and a driveway are drawn by the both sides.

[0012] It **, and in the example shown in drawing 1, while the automatic transit car 6 detects left-hand side white line 1a, along with this white line 1a, automatic transit of the lane on the left of center line 1c of a road 1 is carried out in the direction of an illustration arrow head.

[0013] As it has the transit control unit constituted by the controller 10 grade shown in the image pick-up means 7 and drawing 2, such as a CCD camera, and is shown in drawing 2, the image pick-up means 7 and the controller 10 are connected through the interface (I/F) 8, and, similarly the controller 10 and the steering motor controller 20 are connected to the above-mentioned automatic transit car 6 through the interface (I/F) 9.

[0014] By the way, the above-mentioned controller 10 has image data compression and the edge detecting element 11, the threshold count section 12, the roadway region detecting element 13, the edge extract section 14, the straight-line detecting element 15, the amount operation part 16 of deflection, the steering motor current count section 17, and the command signal output section 18. White line 1a is detected by processing the image ahead of the car 6 picturized by the image pick-up means 7 through image data compression and the edge detecting element 11, the threshold count section 12, the roadway region detecting element 13, the edge extract section 14, and the straight-line detecting element 15.

[0015] Here, the image processing performed by the controller 10 is explained according to the procedure.

[0016] 1) Image data compression and edge detection; although the image ahead of the car 6 picturized by the image pick-up means 7 (subject-copy image) is captured by the image data compression and the edge detecting element 11 of a controller 10 through the interface 8 shown in drawing 2. This image consists of pixels of the width 512x length 480, as shown in drawing 10, and it is set to image data compression and the edge detecting element 11. As shown in the table of the upper case of drawing 3, the concentration value of each pixel is digitized and it sets up any of the value of 0-255 (0 is deep-black and 255 is pure white) they are according to the concentration, and these concentration data are compressed into 1/16.

[0017] That is, as shown in the table of the upper case of drawing 3, as one rectangle field, the number of subject-copy image data is compressed into 1/16, and $4 \times 4 = 16$ pixel is divided to two or more rectangle fields of the width 128x length 120.

[0018] And the difference of the maximum of the concentration value of each pixel of a total of 16 and the minimum value in each field is searched for as edge reinforcement. For example, the edge reinforcement 173 in the field of the one-line one train of the table of the lower berth of drawing 3 (upper left) is called for as a difference ($185 - 12 = 173$) of the maximum 185 with a concentration value [in the rectangle field corresponding to the table of this drawing upper case] of 16 pixels, and the minimum value 12.

[0019] It ** and an edge image as detected the edge in an image and shown in drawing 11 is obtained by asking for edge reinforcement about all rectangle fields as mentioned above.

[0020] 2) Threshold count; in the threshold count section 12 of a controller 10, in order to divide into the strong thing which depends the edge reinforcement called for for every rectangle field in image data compression and the edge detecting element 11 on white line 1a which is a roadway edge, and the weak thing to depend on a noise etc., a threshold is computed by the discriminant analysis method.

[0021] That is, in a discriminant analysis method, a threshold $t (= 130)$ is computed as a parameter which divides the set of edge reinforcement into two classes from the histogram of the edge reinforcement and the number of data as shown in drawing 4.

[0022] 3) Roadway region detection (ripple processing); although a roadway region will be detected in the roadway region detecting element 13 if a threshold t is computed in the threshold count section 12 of a controller 10, detection of this roadway region is made based on the following ideas.

[0023] That is, the surface of the earth in front of a car 6 is regarded [that the part in which the part (that is, part into which edge reinforcement does not exceed a threshold t) which has the same image data as the direct anterior part of this car 6 exists continuously can also run, and] based on the premise are the roadway it can run, from the part which hits the surface of the earth in front of the car 6 in the edge image shown in drawing 11 ahead of the car 6 obtained by the image pick-up means 7. And by extending this field to the radial from the direct anterior part of a car 6, a roadway region can be detected and an output image as shown in drawing 12 can be obtained. In addition, a field is extended in the shape of a rectangle in fact from the ease of treating of a digital image.

[0024] Here, the example of detection (ripple processing) of a roadway region is explained based on drawing 5.

[0025] The field of the four-line D train shown, for example in drawing 5 in detection (ripple processing) of a roadway region About (it is hereafter indicated as 4D), if the edge reinforcement of the field 4D itself [this] is beyond the threshold $t (= 130)$, edge reinforcement will be set as 0 (that is, deep-black), and if the edge reinforcement of the field 4D itself is under the threshold t The value 125 with the larger value which added 5 to each edge reinforcement 0,120 of two fields 4E and 5E which adjoin this field 4D respectively is chosen, and 125 is set up as edge reinforcement of field 4D.

[0026] Moreover, in field 5D, if the edge reinforcement of the field 5D itself [this] is beyond the threshold $t (= 130)$, edge reinforcement will be set as 0 (getting it blocked and regarded as what is not a roadway region), and if the edge reinforcement of the field 5D itself is under the threshold t The value which added 5 to each edge reinforcement 0,120,255 of three fields 4E, 5E, and 6E which adjoin this field 5D respectively (However, it is maintained at a upper limit 255 when exceeding a upper limit 255) The maximum 255 (pure white) of 5,125,255 is chosen and 255 is set up as edge reinforcement of field 5D.

[0027] Henceforth, the output image which carries out the sequential escape of the roadway region similarly at a radial, and is shown in drawing 12 is obtained.

[0028] 4) Edge extract; in the edge extract section 14 of a controller 10, by extracting an edge to the image after the roadway region detection shown in drawing 12, detect white line 1a which is a roadway edge, and output the image shown in drawing 13.

[0029] Here, the example of an edge extract is explained based on drawing 6.

[0030] The concentration value of each field in the image shown in drawing 12 is calculated for these concentration values 1a (it is the same the concentration value in the field of an one line a train, and the following), and 1b, the concentration values IB and IC of the field shown in this drawing (b) using 1c--, and ID-- as follows, when shown by drawing 6 (a).

[0031] IB: $1c-1a=-1 \rightarrow 0$ (it is set as 0 at the time of negative).

[0032] IIB: $2c-2a=38$ IIB : $3c-3a=196$ IVB : $4c-4a=222$ IC : It is made to be more than $1d-1b=39$ IIC: $2d-2b=211$ IIC: $3d-3b=214$ IVC: $4d-4b=220$ ID: $1e-1c=201$ IID: $2e-2c=190$ IID: $3e-3c=45$ IVD: $4e-4c=-12 \rightarrow 0$. The output image shown in drawing 13 is obtained by performing an edge extract.

[0033] 5) Straight-line detection (Hough conversion); in the straight-line detecting element 15 of a controller 10, the output image which the location is called for by the Hough conversion noting that it is a roadway edge (white line); and shows the edge train most located in a line in the shape of a straight line in the image shown in drawing 13 to drawing 14 is obtained.

[0034] That is, it is a degree type on the X-Y flat surface which shows the straight line (the gestalt of this operation white line 1a) for which it is going to ask to drawing 7 in the Hough conversion.;

$\text{Rho} = X \cos \theta + Y \sin \theta$ -- (1)

Die-length [of the perpendicular taken down from the rho:zero O here at the straight line] theta: When expressed with the angle of a perpendicular and the X-axis to accomplish, this (1) equation be considered to be an equation about rho and theta, the locus which show this relation on rho-theta space be drawn about all the edge points in an image, and (rho, theta) of the point which the locus be concentrating in rho-theta space be called for.

[0035] Here, the procedure of the Hough conversion is explained based on the flow chart shown in drawing 8.

[0036] On the occasion of the Hough conversion, it is judged first whether the concentration value of the attention pixel in the processing field of an image (X, Y) is beyond the threshold t (step 1). When a concentration value is beyond the threshold t , according to (1) type, rho is computed about **theta in a setting range (thetamin - thetamax) (step 2), and it is judged whether the computed rho is in a setting range (rhomin - rhomax) (step 3). (rhomin < rho < rhomax)

[0037] It **, when the above-mentioned decision result is YES, the histogram about (rho, theta) counts (step 4), and (that is, when it is rhomin < rho < rhomax) a histogram is not counted when a decision result is NO. Processing of such a step 2 - step 4 is performed about all theta in a setting range (thetamin - thetamax) (step 5), and after the processing is completed, a series of processings of step 1 - step 5 are performed about all the pixels in the processing field of an image (X, Y) (step 6). In addition, when the decision result in step 1 is NO, processing of step 2 - step 4 is not made (that is, when the concentration value of an attention pixel (X, Y) is under the threshold t).

[0038] After ** (ing) and completing a series of processings about all the pixels in the processing field of an image (X, Y), when the number of counts in a histogram chooses greatest (greatest rho, theta), the straight line (white line 1a) for which it asks is given to (1) type (step 7), and the Hough conversion is completed (step 8).

[0039] Next, the example of the Hough conversion is explained based on drawing 9.

[0040] for example, the case where it is the threshold $t = 140$ of a concentration value, rhomin = 4, rhomax = 6, thetamin = 22, and thetamax = 27 when the concentration value of each pixel of an input image is in the condition which shows in drawing 9 (a) -- 1a (1 1), 2a (2 1), 3a (3 1), and 4a (4 1) of drawing 9 (a)

1b (1 2), 2b (2 2), 3b (3 2)

1c (1 3), 2c (2 3)

1d (1 4), 2d (2 4)

Since it is the concentration value $<$ threshold t ($= 140$) which can be boiled and set, it does not count to the histogram about (ρ, θ) .

[0041] On the other hand, about 3c (3 3), since it is the concentration value ($= 210$) $>$ threshold t ($= 140$), according to (1) type, ρ is computed $[** / \theta]$ as follows, and it is $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$. It is judged.

[0042] If $\theta = \theta_{\min} = 22$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(22) + 3 \sin(22) = 3.91 < \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), it does not count to a histogram.

[0043] If $\theta = 23$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(23) + 3 \sin(23) = 3.93 < \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), it does not count to a histogram.

[0044] If $\theta = 24$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(24) + 3 \sin(24) = 3.96 < \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), it does not count to a histogram.

[0045] If $\theta = 25$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(25) + 3 \sin(25) = 3.99 < \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), it does not count to a histogram.

[0046] If $\theta = 26$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(26) + 3 \sin(26) = 4.01 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), 1 is counted to a histogram.

[0047] If $\theta = \theta_{\max} = 27$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(27) + 3 \sin(27) = 4.03 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (b), 1 is counted to a histogram.

[0048] Similarly, also about 3d (3 4), since it is the concentration value ($= 237$) $>$ threshold t ($= 140$), according to (1) type, ρ is computed $[** / \theta]$ as follows, and it is $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$. It is judged.

[0049] If $\theta = \theta_{\min} = 22$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(22) + 4 \sin(22) = 4.28 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0050] If $\theta = 23$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(23) + 4 \sin(23) = 4.32 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0051] If $\theta = 24$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(24) + 4 \sin(24) = 4.37 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0052] If $\theta = 25$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(25) + 4 \sin(25) = 4.41 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0053] If $\theta = 26$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(26) + 4 \sin(26) = 4.45 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0054] If $\theta = \theta_{\max} = 27$, since it will be set to $\rho = X \cos \theta + Y \sin \theta = 3 \cos(27) + 4 \sin(27) = 4.49 > \rho_{\min}$, as shown in drawing 9 (c), 1 is counted to a histogram.

[0055] Processing with the same said of 4b (4 2), 4c (4 3), 4d (4 4), 5a (5 1), 5b (5 2), 5c (5 3), and 5d (5 4) is made hereafter, and (ρ, θ) of the final biggest number of counts are chosen.

[0056] If it $**$ and white line 1a is detected by a series of above image processings, it will set to the amount operation part 16 of deflection of a controller 10. The gap (the amount of deflection) with straight-line-like white line 1a and the travelling direction of a car 6 which were detected in the front gaze location of a car 6 is called for, and the supply current to a non-illustrated steering motor is computed as follows in the steering motor current count section 17 based on this amount of deflection.

[0057] It is $[\text{amount} / \text{in a beforehand cycle / of deflection}] \text{ en}$ about the amount of deflection in en-1 and the present cycle in the amount of deflection in en-2 and a front cycle. It carries out and a need current is computed by the following formulas (PID-control equation).

[0058]

$P(\text{proportional}) = k_p - (\text{en} - \text{en-1}) \text{ -- (2)}$

$I(\text{integral term}) = k_i \text{ and } T - \text{en} \text{ -- (3)}$

$D(\text{differential term}) = k_d - (\text{en} - 2\text{en-1} + \text{en-2}) / T \text{ -- (4)}$

A part for need current change $= k - (P + I + D) \text{ -- (5)}$

Need current $= \text{before} [\text{need current change part} +] \text{ cycle need current -- (6)}$

If the supply current to a steering motor is computed by k_p , k_i , k_d , and the k :coefficient-of-performance T :time amount top type here, in the result, it will be inputted into the command signal output section 18, and the command signal output section 18 will output the command signal according to supply current to the steering motor controller 20 through an interface 9. Then, by the steering motor controller 20, drive control is carried out and, as for the automatic transit car 6, a steering motor carries out automatic transit of the road 1 top along with white line 1a.

[0059] As mentioned above, it sets to the image processing in the transit control unit concerning the gestalt of this operation. Based on the premise of being the roadway it can run, it is considered that the surface of the earth in front of

a car 6 is that whose part in which the part which has the same image data as the direct anterior part of this car 6 from the image of the surface of the earth in front of the car 6 in the image ahead of the car 6 obtained by the image pick-up means 7 exists continuously is also the region which can be run. Since a roadway region is detected and white line 1a which is a roadway edge by using the image after roadway region detection was detected by extending this field to the radial from the direct anterior part of a car 6, Only white line 1a is always detected certainly, the problem of incorrect detection is solved, and high dependability can be secured to a transit control unit.

[0060]

[Effect of the Invention] A roadway edge is detected by processing the image ahead of the car which was obtained by the image pick-up means according to this invention so that clearly by the above explanation. In the transit control unit of the automatic transit car which is equipment which carries out automatic transit of the car along the roadway edge, detects the edge in said roadway image, and asks for the location by the Hough conversion by using as a roadway edge the edge train most located in a line in the shape of a straight line A roadway region is detected by extending continuously this part and the part which has the same image data to the radial from the part which hits the surface of the earth in front of the car in an edge image. Since the roadway edge was detected by using the image after roadway region detection, only a roadway edge is always detected certainly, the problem of incorrect detection is solved, and the effectiveness that high dependability is securable for a transit control unit is acquired.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A roadway edge is detected by processing the image ahead of the car obtained by the image pick-up means. In the transit control unit of the automatic transit car which is equipment which carries out automatic transit of the car along the roadway edge, detects the edge in said image, and asks for the location by the Hough conversion by using as a roadway edge the edge train most located in a line in the shape of a straight line A roadway region is detected by extending continuously this part and the part which has the same image data to the radial from the part which hits the surface of the earth in front of the car in an edge image. The transit control unit of the automatic transit car characterized by detecting a roadway edge by using the image after roadway region detection.

[Claim 2] The transit control unit of the automatic transit car according to claim 1 characterized by to extend the part into which a threshold is computed and edge reinforcement does not exceed a threshold in detection of said roadway region from the edge reinforcement which divided the incorporated subject-copy image data to two or more rectangle fields, searched for the difference of the maximum of the concentration value of each pixel and the minimum value in each rectangle field as edge reinforcement, and was called for about each rectangle field to a radial.

[Translation done.]